全段直結ダイナミックカップル方式
送信管572Bシングルパワーアンプ

征矢 進 Soya Susumu



本誌への発表が満10年となった筆者は，この間，主に送信管を用いた直結パワーアンプを製作してきた．今回は比較的安価に入手できる送信管572Bを出力管に選択し，改めて全段直結ダイナミックカップル(DDC)方式によるアンプを発表する．この方式では，グリッド電流の流れる正バイアス領域を有効に使ったA_2級動作が可能であり，送信管のオーディオへの応用範囲が広がり，オーバーオールのNFBを施す際にもスタガリングが容易になるという長所がある．本機では特性のよく似た送信管811Aが差し替えられるので，カーボンプレート型572Bと板プレート型811Aの音色の違いも楽しめる．

はじめに

本誌主催の自作アンプコンテストに初めて参加させていただいたのは，1989年11月の第2回目でした．それから早いもので，10年の月日が流れました．

この間，DDC(直結ダイナミックカップル方式)，4DC(G_1とG_2を直流的に分割して，同時に信号を入力する直結方式)，カスコード方式などを発表してきました．今回は10年の区切りとして，一度初心に返ってDDCアンプを製作し，改めて音質を追求してみることにしました．

もともと送信管をオーディオアンプに使用して，いかに効率良く使いこなすか，また満足できる音質に仕上げるかについて研究を進めてきましたが，成果は十分あったように思います．この過程で得た研究成果や，実際にアンプを製作するときのノウハウをご説明することで，少しでも読者の皆様のお役に立てれば幸いです．

DDC方式

DDC方式とは，全段直結ダイナミックカップル方式の略称です．基本的には，図1(a)に示すロフチン・ホワイト回路と，(b)に示すダイナミックカップル回路のそれぞれの長所を取り出し，融合させたとでもいうべき回路です．その基本回路を(c)に示します．

DDC回路は多くの長所とともに短所も併せ持っていますので，それらについて説明します．

(1) 安定したNFBが可能

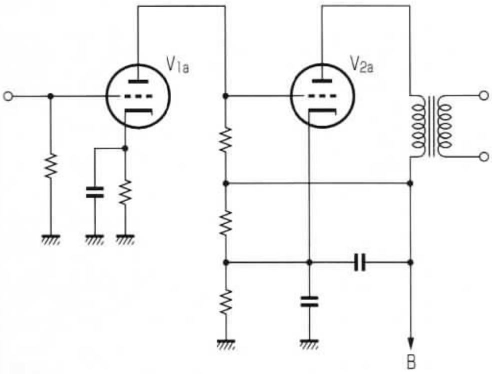
全段直結方式ですので，時定数は出力トランス固有の低域1段と高域2段のみです．細かい点について考えれば別ですが，オーバーオールの負帰還をかける場合でも，基本的にはスタガー比について検討する必要はありません．使用する出力トランスにもよりますが，安定した負帰還をかけることが可能となります．

さらに，カップリングコンデンサーの音色的な色付けと，オーバースイング時に発生するブロッキング現象から逃れることができますので，音質向上を図れると考えます．

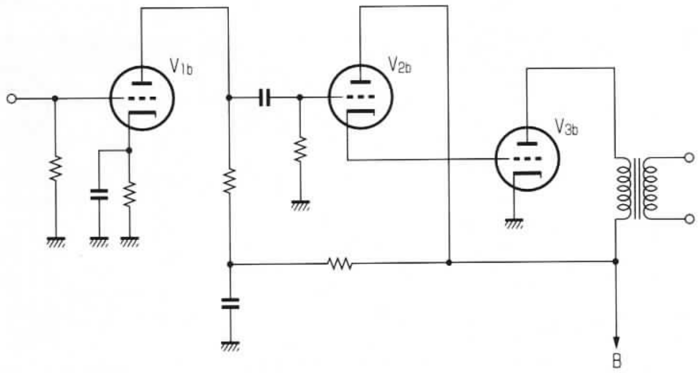
(2) カソードフォロワー駆動

2段目のカソードフォロワー管は，バッファーとして機能しますので，高い入力インピーダンスにより，初段に対する負荷抵抗分は無視できます．また，低い出力インピーダンスにより，出力管に対しては，グリッド電流が流れる正領域まで十分ドライブすることが可能となります．

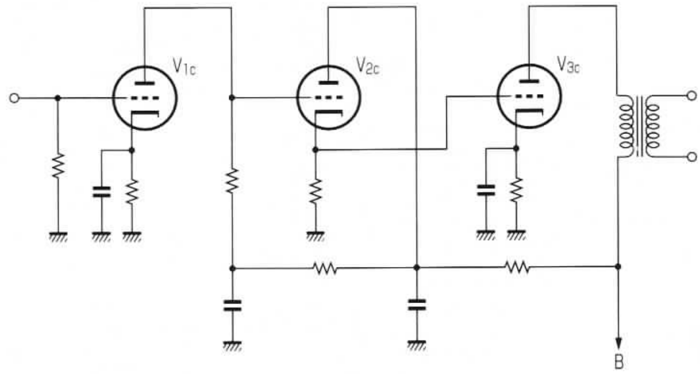
さらにカソードフォロワー管に傍熱管を使用すれば，これが立ち上がるまでは，出力管(V_{2C})が



(a) ロフチン・ホワイト回路



(b) ダイナミックカップル回路



(c) DDC基本回路

[図1] 直結ドライブ方式の例

直熱管であってもグリッド電位はアース電位(0V) にありますので，プレート電流はほとんど流れません．カソードフォロワー管のヒーターウォームアップにつれて，出力管のI_pが流れ出し，設定した電流値で安定します．

(3) 自己バイアス抵抗のロス

単一電源で全段直結動作を行うには，出力管のカソード電圧をかさ上げする必要があり，カソードの自己バイアス抵抗が大きな値となります．そのため，ここでの電力ロスが大きくなり，多量の熱を発生しますし，カソード電圧をかさ上げした分，B電源を高くする必要があります．これらは本方式の唯一の欠点です．

反面，自己バイアス抵抗は出力管に対するブレーキ効果があり，出力管を保護できますし，定電流動作に近くなるため，ペアチューブを使用しなくとも特性の揃ったアンプが製作できます．

出力管572B

今回使用する出力管は，中国製の**572B**で，スヴェトラーナ製**SV572**シリーズの原型ともいえる送信管です．厚みのあるカーボンプレートと，トップにプレートが引き出された構造は，業務用送信管として貫禄十分です．

572Bのフィラメントは6.3V／4Aで，プレート損失は45Wですので，**811A**や**812**と同規模の送信管と考えられます．実際に真空管の中を見ますと，フィラメント・グリッド間は狭く，グリッド・プレート間は大変広くなっていて，高μ，高内部抵抗管の特徴を備えています．

そこで今回は**811A**と同等に扱ってもよさそうだと考え，DDC方式で設計することにしました．後述しますが，実際には**572B**と**811A**は，差し換えできるほどよく似た出力管であることが判明しました．

回路構成

回路全体を**図2**に，使用した真空管を**表1**に示します．

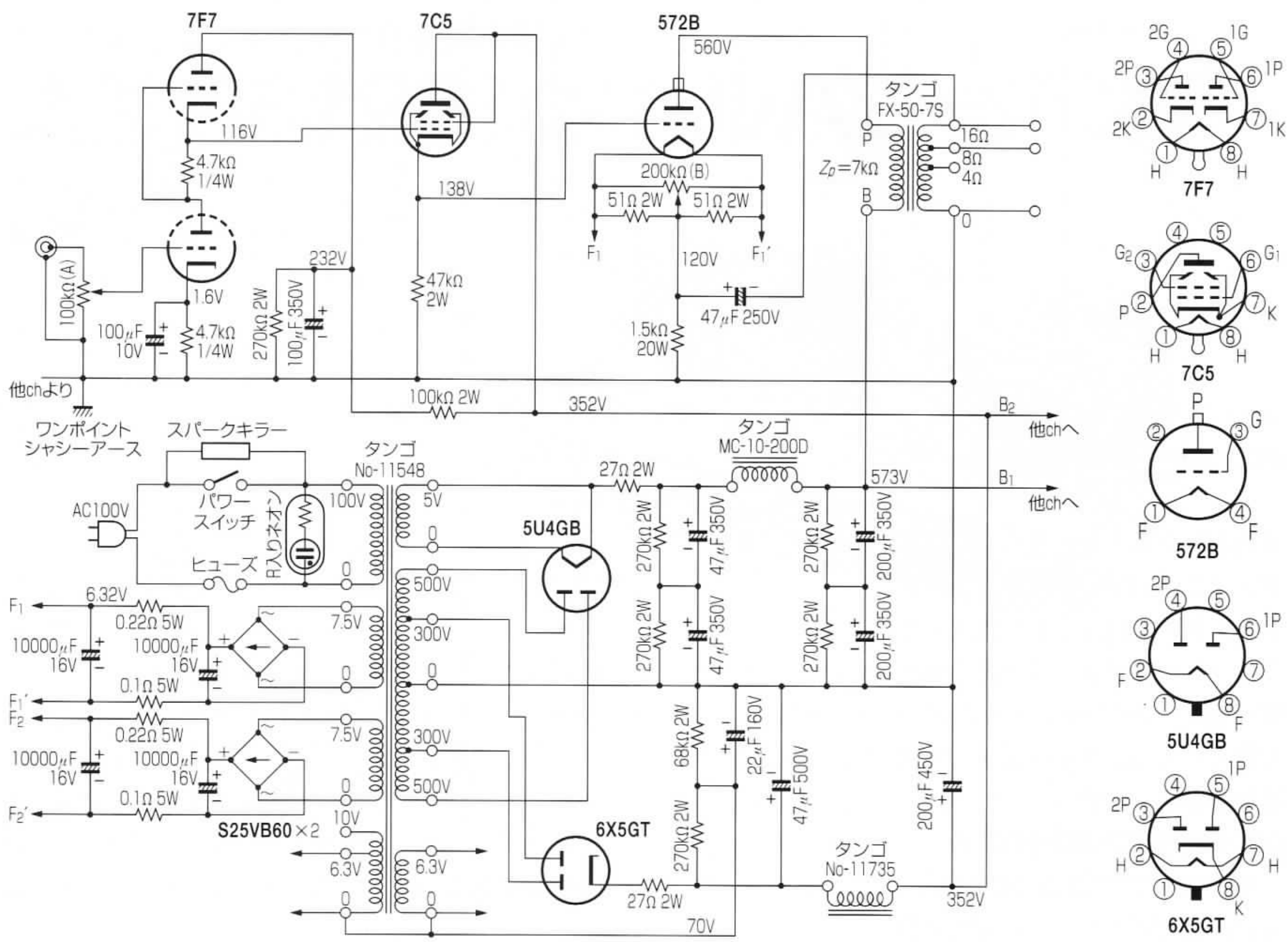
(1) 初段

初段は**7F7**をSRPPで使用しました．GT管を使用するのであれば，**6SL7GT**が同等管です．カソード抵抗は4.7kΩとして，バイアス電圧を1.6Vに設定しました．

なお，アンプ全体の感度が高いことから，カソードのパスコンをはずして電流帰還をかけたところ，残留ハムノイズが増加し，音質も荒く感じましたので，最終的にはパスコンを入れました．また，初段で大きなドリフトがあると，出力段の動作に悪影響を及ぼしますので，B電源に270kΩのブリーダー抵抗を入れて電流を流し，少しでも安定動作となるよう配慮しました．

(2) ドライブ段

ここには**6V6**相当のロクタル管**7C5**を使用してみました．何もロクタル管である必要はありませんが，私はロクタル管の銀色に輝く姿態が大好きですので，好みで選んだものです．



[図2] 572Bシングルパワーアンプ全回路

動作は7C5を3極管接続としたカソードフォロワーです．出力管のグリッド電流は10mA程度流れますが，カソード抵抗に分流する電流を含めても，十分余裕を持ってドライブできます．

(3) 出力段

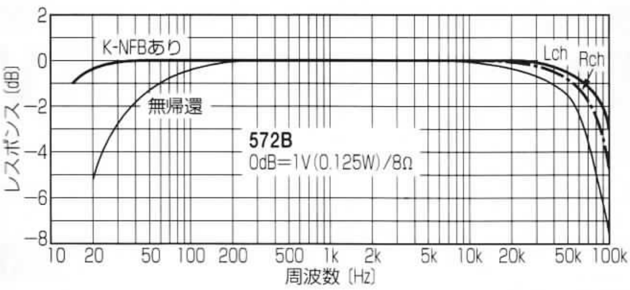
出力管は前述の**572B**です．今回はパルエレクトロニクスから購入した中国製ですが，本誌の広告を見ますとCRコーポレーションにもあるようです．1本5000円前後と比較的安価ですが，決してあなどれない実力を持つ出力管であると考えます．

プレート損失はCCS規格で45Wあり，本機は約30Wで使用しました．これでも出力は13Wあり十分でしょう．少しでも内輪な使い方をして，末長く可愛がってあげたいものです．

次にこの**572B**アンプは，オーバーオールのNFBでは音質的に満足できませんでしたので，カソードNFBのみで仕上げてあります．オーバーオールのNFBを12dBと6dBについて試しましたが，いずれも低域が引っ込むようで，音ヌケが良くありませんでした．K-NFBのみですと，ダンピングファクターは1.6程度と少し足りない感じですが，実際に音出しをしますと，生き生きとしてヌケが良く，不満はありません．

[表1] 使用真空管の主な規格

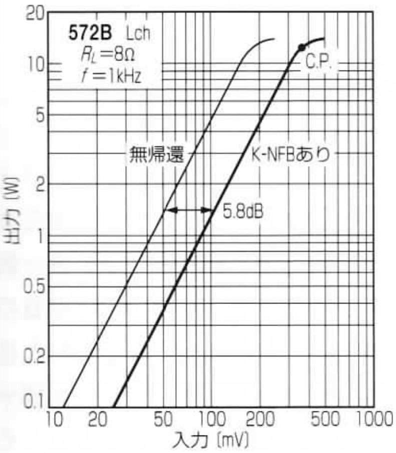
型番		572B	7C5	7F7	5U4GB	6X5GT
用途		直熱3極送信管（SSB用）	電力増幅用ビーム管	低周波電圧増幅用高μ双3極管	大容量全波直熱整流管	小容量全波傍熱整流管
E_f〔V〕×I_f〔A〕		6.3×4	6.3×0.45	6.3×0.3	5×3	6.3×0.6
最大定格	E_p〔V〕	1250	315	300	550（C入力）	325（C入力）
	I_p〔mA〕				225	70
	E_{g2}〔V〕		285			
	I_{g2}〔mA〕					
	P_p〔W〕	45	12	1		
	P_{g2}〔W〕		2			
	E_{hk}〔V〕		±90	±90		±450
備考		（中国発行マニュアルによる）I_g=24mA（シングルトーン）	GT管，G管の6V6GT，6V6G同等	μ=70 GT管の6SL7同等		MT管6X4同等



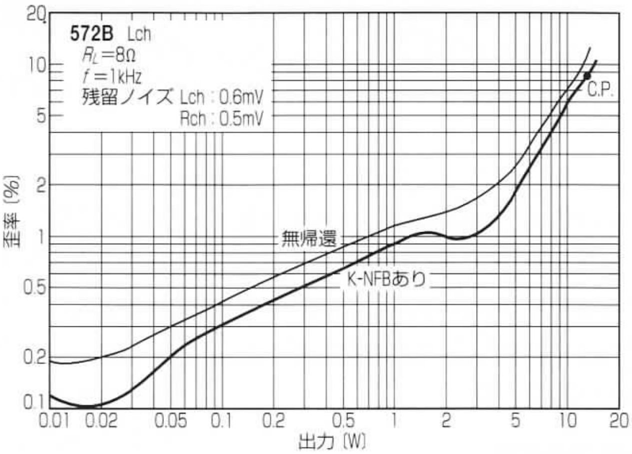
［図3］ 周波数特性



［図4］ ダンピングファクター特性



［図5］ 入出力特性



［図6］ 歪率特性

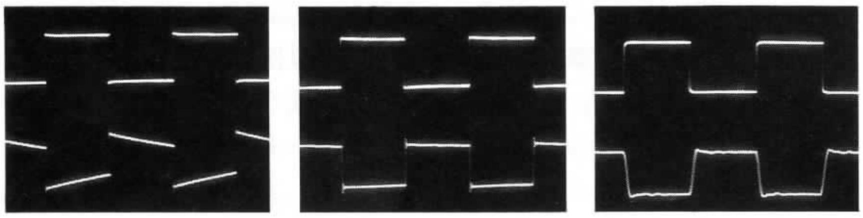
で，高内部抵抗の送信管を使用した裸の状態では平均的な値です．K-NFBをかけると，1.66になりました．オーバーオールのNFBをかければ，よりDF値を上げることもできますが，前述のように音質的な観点からK-NFBのみにしています．

(3) 入力対出力特性

当初，オーバーオールのNFBを予定していましたが，最終的にはK-NFBのみとしましたので，360mVでフルパワーとなり，高感度アンプに仕上がりました（図5）．最大出力は波形の崩れる点で決めると，約13Wといったところです．

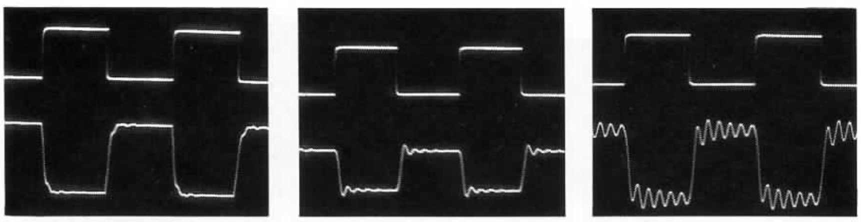
(4) 出力対歪率特性

図6のとおり，無帰還では1W出力時の歪率が1.2%，またそのカーブもソフトディストーション型で，満足できる特性だと考えます．カソード負帰還をかけると歪



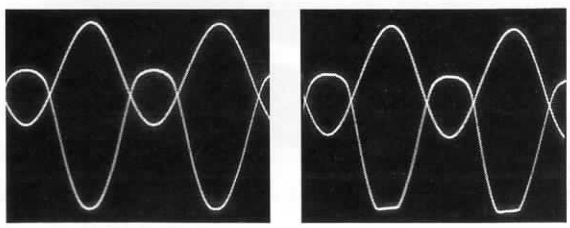
(a) 100Hz　(b) 1kHz　(c) 10kHz

［写真8］ 各周波数における方形波応答（Lch/負荷8Ω/1W．上：入力，下：出力）



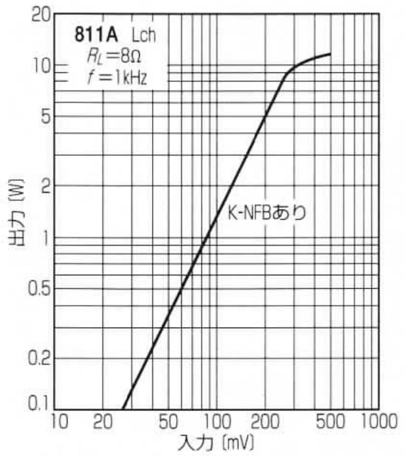
(a) 負荷：オープン　(b) 負荷：8Ωに0.22μF並列　(c) 負荷：0.22μFのみ

［写真9］ 負荷条件による10kHz方形波応答（Lch．上：入力，下：出力）

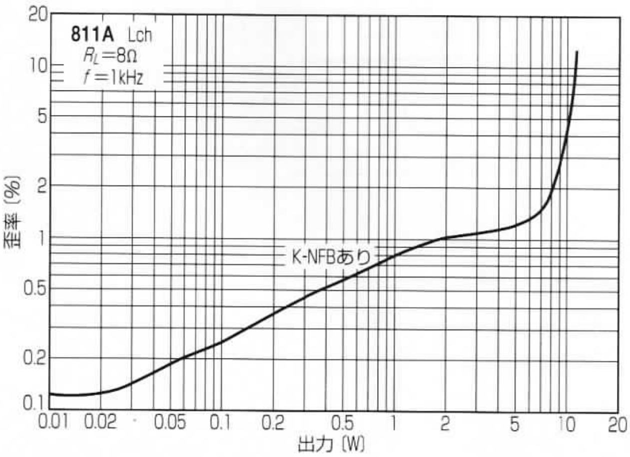


(a) 出力12.5W時　(b) 出力14W時

［写真10］ 最大出力付近の1kHz正弦波（Lch/負荷8Ω．上：入力，下：出力）



［図7］ 出力管を811Aに差し替えた場合の入出力特性



［図8］ 出力管を811Aに差し替えた場合の歪率特性

率特性も向上します．また，1～3W付近で一度歪率が下がる傾向です．いずれにしても，常用出力では1％を切りますので，十分な特性です．

波形観測

8Ω純抵抗負荷時における方形波応答を**写真**8（a）～（c）に示します．いずれも，周波数特性にピークやディップのない，素直な特性であることを示しています．

写真9（a）は負荷オープン時の波形です．安定した波形と考えます．（b）（c）は容量負荷時です．

不安定なアンプでは，負荷抵抗にわずかな容量を付加するだけで波形が大きく乱れ，純容量負荷では手に負えないほど発振します．本機はオーバーオールの負帰還を使用しないこともあり，波形はきわめて安定したものとなっています．

写真10（a）は出力12.5W時，（b）は14W時のサイン波出力です．上下が対称につぶれない傾向があり，本機ではカットオフのほうが少し早いようです．

811Aに変更

572Bと**811A**は規格がよく似ているので，差し替えてみることにしました．初段のブリーダー抵抗270kΩの代わりに，500kΩのボリュームを入れて調整したところ，やはり270kΩ付近でカソード電圧が120Vになりました．そこで再度270kΩの固定抵抗に戻してデータをとりました．

入出力特性を図7に，歪率特性を図8に示します．**811**のほうがいくぶん低歪率ですが，最大出力付近の歪率特性は**572B**の方が好ましいように思います．いずれにせよ，**811A**と**572B**は類似管といえましょう．

ただし，音質的には少し異なる傾向を示します．**811A**は高域の澄んだ爽やかな音質が特徴ですが，**572B**はいくぶん低いほうにエネルギーがシフトしている感じです．これは単に板プレートとカーボンプレートの違いだろうと理解しています．

本機では定数の変更なしで差し替えができましたので，**811A**アンプを製作された方で**572B**に興味のある方は，一度実験して音質の変化を確認してみるのも面白いでしょう．その際は，必ずプレート電流を測定して同じかどうか確認してください．



［写真11］ 本機では不慮の火傷や出力管の破損を防止するために，専用のパンチングメタル製ボンネットを追加